

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Minyak Goreng Bekas (Minyak Jelantah)**

Minyak jelantah adalah minyak yang telah digunakan lebih dari dua atau tiga kali penggorengan, dan dikategorikan sebagai limbah karena dapat merusak lingkungan dan dapat menimbulkan sejumlah penyakit. Sebuah penelitian menyimpulkan bahwa orang-orang yang memasak dan mengonsumsi makanan yang digoreng dengan minyak jelantah lebih berisiko mengidap tekanan darah tinggi dibandingkan dengan mereka yang sering mengganti minyak gorengnya untuk memasak.

Menurut Julianus (2006) bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan. Jadi jelas bahwa pemakaian minyak jelantah yang berkelanjutan dapat merusak kesehatan manusia karena mengandung senyawa-senyawa karsinogen dan akibat selanjutnya dapat mengurangi kecerdasan generasi berikutnya. Penggunaan minyak jelantah yang sudah berulang kali mengandung zat radikal bebas yang bersifat karsinogenik seperti peroksida, epioksida, dan lain-lain. Pada percobaan terhadap binatang, konsumsi makanan yang kaya akan gugus peroksida menimbulkan kanker usus.

#### **2.2. Komposisi dan Kandungan Minyak Goreng Bekas (Minyak Jelantah)**

Menurut Mahreni (2010), minyak goreng bekas adalah minyak makan nabati yang telah digunakan untuk menggoreng dan biasanya dibuang setelah warna minyak berubah menjadi coklat tua. Proses pemanasan selama minyak digunakan merubah sifat fisika-kimia minyak. Pemanasan dapat mempercepat

hidrolisis trigliserida dan meningkatkan kandungan asam lemak bebas (FFA) di dalam minyak.

Kandungan FFA dan air di dalam minyak bekas berdampak negatif terhadap reaksi transesterifikasi, karena metil ester dan gliserol menjadi susah untuk dipisahkan. Minyak goreng bekas lebih kental dibandingkan dengan minyak segar disebabkan oleh pembentukan dimer dan polimer asam dan gliserid di dalam minyak goreng bekas karena pemanasan sewaktu digunakan. Berat molekul dan angka iodin menurun sementara berat jenis dan angka penyabunan semakin tinggi. Perbedaan komposisi asam di dalam minyak segar dan minyak goreng bekas dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan bahwa kandungan hampir semua asam yang ada di dalam minyak goreng bekas lebih tinggi dibandingkan dengan di dalam minyak goreng segar (Mahreni, 2010).

Tabel 1. Komposisi Asam Lemak di Dalam Minyak Bunga Matahari, Minyak Kedelai dan Minyak Bekas

Asam Lemak	Minyak Bunga Matahari	Minyak Kedelai	Minyak Bekas
Lauric (12:0)	-	-	9,95
Myristic (14:0)	0,06	0,07	0,19
Palmitic (16:0)	5,68	10,87	8,9
Palmitoleic (16:0)	0,14	0,10	0,22
Searic (18:0)	3,61	3,66	3,85
Oleic (18:0)	34,27	23,59	30,71
Linoleic (18:3)	54,79	53,86	54,35
Linonelic (18:3)	0,07	6,49	0,27
Arachidic (20:0)	0,25	0,37	0,29
Gidoleic (20:1)	0,13	0,22	0,18
Bahenic (22:0)	0,69	0,45	0,61

(Mahreni, 2010)

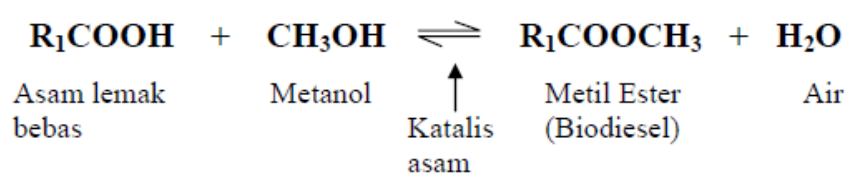
Tabel 2. Mutu minyak jelantah

Parameter	Mutu
Kadar Air (%)	1,2412
Kadar Kotoran (%)	3,2779
Bilangan Peroksida (mg O <sub>2</sub> / 100 g)	0,0168
Bilangan Asam	1,0037

(La Ode, 2008)

### 2.3 Reaksi Esterifikasi

Menurut Andika (2007) esterifikasi merupakan reaksi antara asam lemak bebas dengan alkohol sehingga membentuk ester dan melepaskan molekul air. Reaksi esterifikasi dapat terjadi dengan bantuan katalis asam, seperti  $\text{H}_2\text{SO}_4$  atau  $\text{HCl}$ . Katalis yang umum digunakan dalam tahap ini adalah  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat (95 %), dimana reaksi esterifikasi akan berlangsung baik dalam kondisi asam. Penggunaan katalis asam yang mengandung sulfat seperti  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dapat mengundang pertanyaan tentang kandungan sulfat dalam produk biodiesel. Akan tetapi hal ini tidak akan terjadi, karena ion sulfat tersebut akan berikatan dengan ion sodium dalam larutan basa selama reaksi transesterifikasi berlangsung membentuk sodium sulfat. Sodium sulfat ini merupakan garam larut dalam air dan akan hilang pada proses pencucian (Julianus, 2006). Lebih lanjut Julianus (2006) mengatakan bahwa pada tahap esterifikasi membutuhkan pengadukan dan pemanasan pada temperatur 30-40 °C, selama 1-2 jam guna untuk mempercepat laju reaksi. Proses yang terjadi dalam reaksi esterifikasi dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. Reaksi Esterifikasi  
(Andika, 2007)

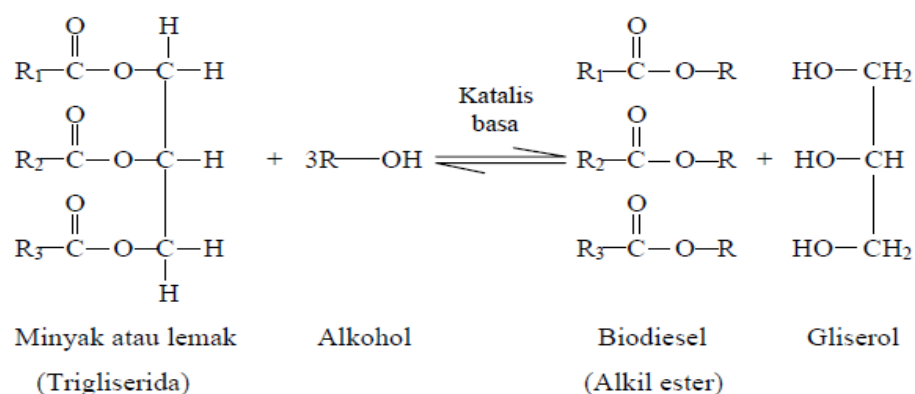
### 2.4 Reaksi Transesterifikasi

Secara kimia, transesterifikasi (juga disebut alkoholisis) berarti mengambil molekul trigliserida atau kompleks asam lemak, menetralkan asam lemak bebas, menghilangkan gliserol, dan membentuk alkil ester. Reaksi ini dapat dilihat pada Gambar 2. Katalis biasanya digunakan untuk memperbesar laju reaksi dan

rendemen. Secara teoritis, reaksi transesterifikasi adalah reaksi kesetimbangan. Dalam reaksi ini sejumlah besar alkohol digunakan untuk mengarahkan reaksi ekuilibrium ke kanan dan memproduksi metil ester, produk akhir yang diinginkan, dalam jumlah tinggi (Mahreni, 2010).

Reaksi transesterifikasi dengan katalis basa biasanya menggunakan logam alkali alkoksida, NaOH, KOH, dan NaHCO<sub>3</sub> sebagai katalis. Menurut Julianus (2006) mengatakan bahwa, agar reaksi berjalan cepat tahap transesterifikasi memerlukan pengadukan dan pemanasan (50-60 °C) atau di bawah titik didih methanol (64,7°C). Sedangkan reaksi transesterifikasi membutuhkan temperatur sekitar 40 °C untuk memisahkan gliserin dan metil ester (biodiesel).

Pada reaksi transesterifikasi ini, sebagai reaktan dapat digunakan metanol atau etanol. Pada proses ini dipilih metanol sebagai reaktan karena merupakan alkohol yang paling reaktif. Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi yang bersifat *reversible*. Karena sifatnya yang *reversible*, maka pergeseran reaksi ke kanan (ke arah produk) biasanya dilakukan dengan menggunakan alkohol secara berlebih dari kesetimbangan stoikhiometri (Julianus, 2006).



Gambar 2. Reaksi Transesterifikasi  
(Mahreni, 2010)

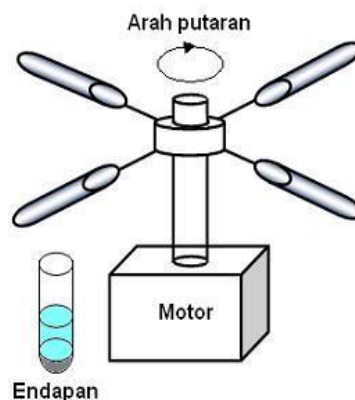
## 2.5. Sentrifugasi

Campuran heterogen terdiri dari senyawa-senyawa dengan berat jenis berdekatan sulit dipisahkan. Membiarkan senyawa tersebut terendapkan karena adanya gravitasi berjalan sangat lambat. Beberapa campuran senyawa yang memiliki sifat seperti ini adalah koloid, seperti emulsi. Salah satu teknik yang dapat dipergunakan untuk memisahkan campuran ini adalah teknik sentrifugasi, yaitu metode yang digunakan dalam untuk mempercepat proses pengendapan dengan memberikan gaya sentrifugasi pada partikel-partikelnya. Dalam penggunaan metode sentrifugasi ini terdapat sebuah alat yang penting. Alat yang diperlukan dalam metode ini adalah *centrifuge*.

Proses separasi dengan cara pengendapan atau *settling* membutuhkan waktu yang lama karena gaya gravitasi yang dibutuhkan akan dilawan oleh gaya difusi dan gerak Brown dari globula-globula dalam suspensi (Andika, 2007). Kecepatan pengendapan fasa terdispersi dalam suspensinya tidak hanya tergantung pada sifat fisik fasa tersebut, tetapi juga sifat fisik media dimana fasa terdispersi tersuspensi serta besarnya gaya yang digunakan. Gaya yang sebenarnya dialami globula fasa terdispersi tidak hanya ditentukan oleh gaya gravitasi ( $g$ ), tetapi juga efek flotasi yang menunjukkan perbedaan densitas antara media kontinyu dan globula fasa terdispersi. Oleh karena itu, laju pengendapan perlu ditingkatkan dengan menggunakan gaya sentrifugal.

Pemisahan sentrifugal menggunakan prinsip dimana objek diputar secara horizontal pada jarak tertentu. Apabila objek berotasi di dalam tabung atau silinder yang berisi campuran cairan dan partikel, maka campuran tersebut dapat bergerak menuju pusat rotasi, namun hal tersebut tidak terjadi karena adanya gaya yang berlawanan yang menuju kearah dinding luar silinder atau tabung

sesuai berat jenis masing-masing partikel, gaya tersebut adalah gaya sentrifugal. Gaya inilah yang menyebabkan partikel-partikel menuju dinding tabung dan terakumulasi membentuk endapan. Dengan adanya teknik ini, proses pengendapan suatu bahan akan lebih cepat dan optimum dibandingkan dengan teknik biasa.



Gambar 3. Pengendapan Dengan Teknik Sentrifugasi  
(Domas, 2013)

Dibanding dengan metode gaya berat, kecepatan pengendapan dengan gaya sentrifugasi jauh lebih baik, percepatan dengan gaya sentrifugasi bisa 500 hingga 1000 kali percepatan gravitasi bumi (gaya berat) yang bisa meningkatkan kecepatan pengendapan hingga 30 kali.

Larutan dimasukkan ke dalam tabung *centrifuge* yang ditempatkan di dalam rotor yang berputar dengan kecepatan dan waktu yang dapat dikendalikan. Rotor digerakkan dari pusat sumbu *centrifuge* dengan jari-jari tertentu. Jari-jari diukur dari pusat rotasi sampai bagian tengah cairan dalam tabung *centrifuge* sehingga untuk mendapatkan hasil yang akurat, kecepatan sentrifugasi (rpm) dikonversikan ke dalam satuan gravitasi (g). Adapun besarnya g dinyatakan sebagai RCF (*relative centrifuge force*) yang dinyatakan dalam Persamaan 1. Persamaan 1 menunjukkan bahwa gaya sentrifugal yang bekerja

pada partikel berbanding lurus dengan jumlah kuadrat dari kecepatan sentrifugasi dan jarak dari sumbu rotasi (Andika, 2007).

$$RCF = 11,18 \times 10^{-6} (r) (N)^2 \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :  $r$  = jari-jari yang diukur dari pusat rotor (sumbu rotasi)

$N$  = kecepatan dalam satuan rpm (*revolutions per minute*)

Alat sentrifugasi ini dapat dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan hasil yang didapatkan, yaitu :

### 2.5.1 Alat sentrifugasi filtrasi

Alat jenis ini biasanya digunakan untuk memisahkan campuran padatan dan cairan dengan padatan yang lebih banyak dibandingkan cairannya. Prinsip pemisahan untuk alat ini adalah campuran padat/cair dimasukkan ke dalam sebuah tromol yang dilengkapi dengan dinding saring. Pada waktu memutar, zat cair didorong keluar, sedangkan padatan tetap tinggal di dalam dinding saring tromol. Jadi disini sentrifugal berfungsi sebagai penyaring (filtrasi).

#### a. *Perforated basket centrifuge*

*Perforated basket* adalah salah satu contoh alat sentrifugasi filtrasi yang dipasang secara vertikal. *Perforated basket* merupakan alat setrifugal filtrasi yang sederhana dan bekerja secara tak kontinu, terdiri dari keranjang ayak yang berputar cepat dalam sebuah rumah. Alat ini dapat di pasang secara tegak, di dalam keranjang ayak di pasang kain saring (media filter). Keranjangnya dapat terbuat dari baja, stainless steel atau brass. Sentrifugal jenis ini banyak di pakai untuk *slurry* yang *viscous* (industri gula, tekstil, benang).

b.. *Termeer centrifuge with pusher (alat sentrifugasi sorong)*

Alat ini termasuk dalam jenis alat sentrifugasi perforated basket yang dilengkapi dengan pusher (alat pendorong) untuk mengeluarkan *cake* sehingga alat bisa bekerja secara terus-menerus (kontinu).

c. *Ter meer universal centrifuge*

Sentrifugal ini sebenarnya merupakan sentrifugal semi kontinu, karena dalam operasinya mengalami pemberhentian aliran *feed (slurry)* tetapi alat masih tetap berputar. Konstruksi alatnya sama dengan *perforated basket centrifugal*, tetapi diletakkan secara horizontal dimana pemasukan *slurry* dan pengeluaran *cake* dilakukan dari samping, pengeluaran *cake*nya menggunakan pisau penggaruk.

## 2.5.2 Alat sentrifugasi penjernih

Alat jenis ini dapat digunakan untuk memisahkan cair/cair atau cair/cair dengan sedikit endapan, dimana cair/cair tersebut tidak saling larut (ada perbedaan densitas) dan alat ini bisa beroperasi secara kontinu. Berbeda dengan alat sentrifugasi penyaring/ filtrasi, tromol maupun rotor pada alat sentrifugasi penjernih dibuat bermantel penuh. Prinsipnya pada alat ini pemisahan terjadi pada arah radial, sehingga karena percepatan yang besar, partikel berat membentuk lapisan yang terluar dan partikel yang lebih ringan ada di lapisan dalam.

a. *Disk centrifuge (sentrifugasi piring)*

Alat sentrifugasi piring sangat efektif untuk pemisahan beberapa campuran liquida dan campuran *liquid* yang mengandung sedikit padatan. Bentuknya menyerupai silinder yang bulat dengan diameter 8 – 20 inci yang



mempunyai sumbu berputar yang vertikal. Di dalam alat ini terdapat sejumlah besar piring berbentuk kerucut yang disusun satu diatas yang lain.

b. Alat sentrifugasi spiral pengangkut

Alat ini dapat digunakan untuk memisahkan campuran padatan dan cairan yang lebih banyak padatannya, tapi karena dalam sistem peralatannya tidak menggunakan saringan ayak (filter), sehingga masuk pada sentrifugasi jenis penjernih. Alat ini terdiri atas tromol (drum) yang berbentuk *conical* (kerucut silinder) yang berputar pada posisi horizontal yang di dalamnya terdapat *screw*/ spiral pengangkut yang berputar dengan kecepatan sedikit berbeda dengan kecepatan putar tromol, di antara tromol dan spiral terdapat celah yang sempit. Alat ini memisahkan campuran padat-cair dengan padatan yang mudah menjadi kering atau yang tidak higroskopis.

c. *Solid bowl basket (Imperforated basket centrifugal)*

Sama dengan *perforated basket*, hanya basketnya tidak berlubang. Digunakan untuk pemisahan *liquid* dengan *liquid* dalam suspensi (misal minyak/ eteris). Tujuan dinding yang berbentuk lekuk (*bowl*) agar cairan ikut berputar, dan pada putaran tersebut terjadi 2 lapisan.

## 2.6 Biodiesel

Menurut Andika (2007) biodiesel didefinisikan sebagai bahan bakar mesin diesel yang berasal dari sumber lipida alami terbarukan. Secara kimiawi, biodiesel adalah monoalkil ester dari rantai panjang asam lemak yang berasal dari bahan baku yang dapat diperbarui, seperti minyak nabati atau lemak hewani, untuk digunakan dalam mesin diesel. Biodiesel umumnya berupa metil ester atau etil ester, yang mana kedua substansi tersebut adalah senyawa yang relatif

stabil, cair pada suhu ruang (titik leleh antara 4-18°C), non-korosif, dan titik didihnya rendah. Dalam beberapa penggunaan, metil ester lebih banyak disukai daripada etil ester karena lebih ekonomis, viskositasnya lebih rendah serta penggunaan ulang (*recovery*) metanolnya dapat menggunakan suhu rendah.

Julianus (2006) mendefinisikan biodiesel sebagai bahan bakar substitusi untuk mesin diesel yang dapat diperbaharui. Pembuatannya secara kimia dengan cara mencampurkan minyak atau lemak nabati dengan alkohol seperti metanol atau etanol dan ditambahkan katalis asam atau basa. Di Indonesia, produksi biodiesel harus memenuhi standar mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah melalui SNI-04-7182-2006 yang disusun dengan mengacu pada Standar Syarat Mutu Biodiesel di AS, Eropa, dan Australia serta memperhatikan kondisi Indonesia, seperti pada tabel 2 berikut :

Tabel 3. Persyaratan Mutu Biodiesel Indonesia

Parameter	Batas Nilai
Massa Jenis (40° C, kg/m <sup>3</sup> )	850-890
Viskositas Kinematic (40° C). mm <sup>2</sup> /s (cSt )	2,3-6,0
Angka setana	Min 51
Titik nyala, ° C	Min 100
Titik kabut, ° C	Max 18
Residu karbon (%-b) :	
- dalam contoh asli	Max 0,05
- dalam 10% ampas distilasi	Max 0,3
Air dan sedimen, %-vol	Max 0,05
Temperatur distilasi 90%, ° C	Max 360
Abu tersulfatkan, %-b	Max 0,02
Belerang, ppm-b (mg/kg)	Max 100
Fosfor, ppm-b (mg/kg)	Max 10
Angka asam. mg-KOH/g	Max 0,8
Gliserol bebas, %-b	Max 0,02
Gliserol total, %-b	Max 0,24
Kadar ester alkil, %-b	Min 96,5
Angka iodium, %-b (g-I2/100g)	Max 115

(Julianus, 2006)

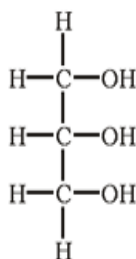
Teknologi proses produksi biodiesel yang berkembang saat ini dapat dikelompokkan menjadi proses satu tahap (transesterifikasi) dan proses dua

tahap (esterifikasi-transesterifikasi). Reaksi satu tahap (transesterifikasi) dipakai apabila minyak nabati memiliki nilai FFA di bawah 1%, sedangkan minyak yang memiliki nilai FFA di atas 1%, seperti minyak goreng bekas, sebaiknya menggunakan proses dua tahap (esterifikasi-transesterifikasi). Minyak yang mengandung asam lemak bebas lebih dari 1% akan membentuk formasi emulsi sabun yang menyulitkan pada saat pemisahan biodiesel.

Minyak goreng bekas merupakan minyak yang kadar asam lemak bebasnya meningkat akibat dari proses pemanasan yang terus menerus, sehingga proses pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas biasanya dilakukan melalui dua tahap proses yaitu esterifikasi dan transesterifikasi. Menurut Julianus (2006), tahap esterifikasi diperlukan untuk mengesterifikasi asam lemak bebas (FFA) dalam minyak bekas agar jumlahnya tidak terlalu banyak. Asam lemak bebas yang terlalu banyak akan membentuk banyak sabun sehingga akan mengurangi produksi biodiesel. Konsentrasi asam lemak bebas yang terlalu tinggi akan mempersulit pemisahan gliserol dari produknya. Selanjutnya menurut Julianus (2006), makin tinggi suhu reaksi ( $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) maka semakin besar konversi minyak goreng bekas dan metanol menjadi metil ester yang dihasilkan, sedangkan jumlah gliserol dan sabun yang terbentuk semakin berkurang. Sedangkan menurut penelitian Andika (2007), rata-rata perolehan biodiesel hasil sentrifugasi lebih tinggi dibandingkan proses *settling* selama 12 jam. Pada hasil setelah sentrifugasi, semakin tinggi kecepatan putaran sentrifugasi, semakin tinggi pula perolehan biodiesel yang didapat.

## 2.7 Gliserol

Gliserol adalah senyawa golongan alkohol polihidrat dengan tiga buah gugus hidroksil dalam satu molekul (alkohol trivalen). Rumus kimia gliserol adalah  $C_3H_8O$  dengan nama kimia 1,2,3-propanatriol. Berat molekul gliserol sebesar 92,10 dengan massa jenis  $1,23 \text{ g/cm}^3$ . Gliserol bersifat mudah larut dalam air, dapat meningkatkan viskositas larutan, mengikat air, merupakan cairan dengan rasa pahit-manis yang mempunyai kelarutan tinggi, yaitu sebesar 71 g/100 g air pada suhu  $250^\circ\text{C}$  (Andika, 2007).



Gambar 4. Rumus Struktur Gliserol  
(Anas, 2011)

Andika (2007) mengatakan bahwa gliserol banyak terdapat di alam sebagai ester asam lemak pada minyak atau lemak. Istilah 'gliserol' diaplikasikan hanya pada bahan campuran kimia murni 1,2,3-propanatriol, sedangkan istilah 'gliserin' diaplikasikan pada produk komersial yang umumnya mengandung lebih dari 95% gliserol setelah proses pemurnian.

Tabel 4. Sifat fisik gliserol

Parameter	Nilai
Titik cair (°C)	18,17
Titik didih (°C)	
0,53 kPa	14,9
1,33 kPa	166,1
13,33 kPa	222,4
101,3 kPa	290
Berat jenis, 25/25 °C (g/cm <sup>3</sup> )	1,262
Tekanan uap	
50 °C	0,33
100 °C	526
150 °C	573
200 °C	6100
Tegangan Permukaan (20 °C, mN/m)	63,4
Viskositas (20 °C, mPa.s)	1499
Kadar Air (%)	0,5
Kadar Gliserol (%)	99,5
Warna	Bening

(Andika, 2007)

Gliserol merupakan produk samping yang prospektif dari proses pembuatan biodiesel karena harganya lebih tinggi daripada reaktan metanol. Fasa gliserol dihasilkan dari proses transesterifikasi minyak dan alkohol, dimana pada akhir proses akan terpisah dengan metil ester (biodiesel) akibat adanya perbedaan berat jenis. Selain itu, sifat gliserol yang tidak mudah larut dalam metil ester juga mempermudah dan mempercepat proses pemisahan kedua fasa tersebut, baik dengan cara pengendapan (*settling*) atau sentrifugasi. Gliserol yang diperoleh setelah proses pemisahan ini mengandung sebagian kecil eksekutif metanol dan sebagian besar sisa katalis serta sabun (Andika, 2007). Gliserol harus dipisahkan dari biodiesel karena gliserol dapat membentuk senyawa akrolein dan terpolimerisasi menjadi senyawa plastis yang agak padat. Senyawa ini akan membentuk deposit pada pompa injektor sehingga menyebabkan kerusakan pada mesin diesel. Selama ini gliserol hasil samping produksi biodiesel masih bernilai ekonomis rendah, karena kemurniannya masih belum

memenuhi standar. Gliserol hasil samping produksi biodiesel belum dapat dimanfaatkan, baik dalam bidang farmasi maupun makanan sebagaimana lazimnya gliserol paling banyak digunakan. Jumlah gliserol yang dihasilkan dari setiap produksi biodiesel kurang lebih 10 % dari total produksi biodiesel.

Menurut penelitian Isalmi (2008), warna *crude glyserol* dari pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas jauh lebih gelap dibandingkan dengan gliserol murni. Dimana *crude glyserol* mempunyai warna coklat kehitaman, sedangkan gliserol murni bening (tidak berwarna). Warna gelap ini disebabkan terdapatnya sisa reaktan yang tidak bereaksi yaitu minyak goreng bekas yang juga mempunyai warna coklat kehitaman. Menurut Anas (2011), bahan dominan yang terkandung dalam gliserol hasil samping produksi biodiesel jarak pagar adalah sisa methanol yang tidak bereaksi dan sabun sebagai hasil reaksi antara asam lemak bebas dengan katalis basa yang digunakan selama proses transesterifikasi.